

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-212721

(43)Date of publication of application : 02.08.2000

(51)Int.Cl.

C23C 8/32

C22C 38/00

C22C 38/46

F16C 29/00

F16C 33/32

F16C 33/62

F16H 25/22

(21)Application number : 11-128940

(71)Applicant : NSK LTD

(22)Date of filing : 10.05.1999

(72)Inventor : YAMAMURA KENJI  
OHORI MANABU  
MIYAGUCHI KAZUO

(30)Priority

Priority number : 10329733    Priority date : 19.11.1998    Priority country : JP

## (54) ROLLING MEMBER EXCELLENT IN WEAR RESISTANCE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a rolling member in which deterioration in rolling fatigue characteristics and wear characteristics caused by the harshening of using conditions of bearings, ball screw apparatus or the like is prevented and excellent in wear resistance.

SOLUTION: At least one of a rolling member in a rolling bearing or a ball screw apparatus is formed of alloy steel contg., by weight, 0.1 to 0.7% C, 0.1 to 1.5% Si, 0.1 to 1.5% Mn, 0.5 to 3.0% Cr, 0.6 to 2.0% V,  $\leq 3.0\%$  Mo,  $\leq 2.0\%$  Ni, and the balance Fe with inevitable impurities, which is subjected to carbo-nitriding at  $\geq 920^{\circ}$  C to control the concn. of carbon to 0.7 to 1.3 wt.% and the concn. of nitrogen to 0.15 to 0.3 wt.% in the surface of a perfect article, by which, on the surface, carbides, nitrides and carbonitrides of  $\leq 0.1 \mu\text{m}$  particle size are precipitated at least by 400 pieces/100  $\mu\text{m}^2$ .

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-212721

(P2000-212721A)

(43) 公開日 平成12年8月2日 (2000.8.2)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード (参考)
C 2 3 C 8/32		C 2 3 C 8/32	3 J 1 0 1
C 2 2 C 38/00	3 0 1	C 2 2 C 38/00	3 0 1 Z 3 J 1 0 4
		38/48	4 K 0 2 8
F 1 6 C 29/00		F 1 6 C 29/00	
33/32		33/32	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平11-128940	(71) 出願人	000004204 日本精工株式会社 東京都品川区大崎1丁目6番3号
(22) 出願日	平成11年5月10日 (1999.5.10)	(72) 発明者	山村 賢二 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
(31) 優先権主張番号	特願平10-329733	(72) 発明者	大堀 孝 神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号 日本精工株式会社内
(32) 優先日	平成10年11月19日 (1998.11.19)	(74) 代理人	100066980 弁理士 森 哲也 (外2名)
(33) 優先権主張国	日本 (J P)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 耐摩耗性に優れた転動部材

## (57) 【要約】

【課題】軸受、ボールねじ装置等の使用条件の過酷化に伴う転がり疲労特性、摩耗特性の劣化を防止し、耐摩耗性に優れた転動部材を提供する。

【解決手段】転がり軸受またはボールねじ装置の転動部材の少なくとも一つを、重量%で、C; 0.1~0.7%、Si; 0.1~1.5%、Mn; 0.1~1.5%、Cr; 0.5~3.0%、V; 0.6~2.0%、Mo; 3.0%以下、Ni; 2.0%以下を含有し、残部Feおよび不可避不純物からなる合金鋼で形成し、これに920℃以上の温度で浸炭窒化を施して完成品表面の炭素濃度を0.7~1.3重量%、窒素濃度が0.15~0.3重量%とすることにより、その表面に粒径0.1μm以下の炭化物、窒化物および炭窒化物を少なくとも400個/100μm<sup>2</sup>析出させた。

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 転がり軸受またはボールねじ装置の転動部材の少なくとも一つを、重量％で、C；0.1～0.7％、Si；0.1～1.5％、Mn；0.1～1.5％、Cr；0.5～3.0％、V；0.6～2.0％、Mo；3.0％以下、Ni；2.0％以下を含有し、残部Feおよび不可避不純物からなる合金鋼で形成し、これに920℃以上の温度で浸炭窒化を施して完成品表面の炭素濃度を0.7～1.3重量％、窒素濃度を0.15～0.3重量％とすることにより、その表面に粒径0.1μm以下の炭化物、窒化物および炭窒化物を少なくとも400個/100μm<sup>2</sup>析出させたことを特徴とする耐摩耗性に優れた転動部材。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、鉄鋼設備、農業機械、自動車、建設機械及びその他の産業機械に使用される転がり軸受またはボールねじ装置の転動部材に係り、特に耐摩耗性が要求される用途に好適に使用できる耐摩耗性に優れた転動部材に関する。

## 【0002】

【従来の技術】転がり軸受は高面圧下で繰り返しせん断応力を受けるという厳しい使われ方をするので、そのせん断応力に耐えて転がり疲労寿命（以下、単に寿命という）を確保する必要がある。そのために、従来は、転がり軸受の転動部材である軌道輪（内外輪）、転動体を構成する素材に高炭素クロム軸受鋼（SUS2）を用いて、これに焼入れ・焼戻しを施し、ロックウエル硬さをHRC58～64とすることにより寿命の確保を図っていた。

【0003】また、SUS2の代わりに肌焼鋼を用いることにより寿命を向上させる例もある。その場合は、接触面圧に起因する内部せん断応力分布に合わせて硬さカーブを設定する必要があることから、焼入性の良好な低炭素肌焼鋼SCR420H、SCM420H、SAE8620H、SAE4320H等を用い、これに浸炭または浸炭窒化処理、焼入、焼戻しを施すことにより、軸受部品の表面硬さがHRC30～48になるようにして必要とされる寿命を確保していた。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、近年、転がり軸受を使用する機械の高負荷化、高速化が進んでおり、軸受の使用条件が過酷になる傾向が顕著になっている。これに伴い次のような問題が発生してきている。すなわち、高負荷化、高速化により温度上昇が起こり、その影響で軸受の転動部材の硬さが低下して、転がり疲労特性、摩耗特性の劣化を招く。特に、高速化による滑りの増大および温度上昇に伴う潤滑油の低粘度化による潤滑能力不足により、耐摩耗性が著しく劣化し寿命が短縮されるという問題である。

【0005】一方、従来から、連続製造設備のように極低速回転で使用される転がり軸受については、油膜の形成が不十分となるため摩耗が問題となっている。これらの対策として、特開平08-049057号公報に、Vを0.8～2.0重量％含有した鋼に浸炭または浸炭窒化処理を施し、転がり軸受の転動部材製品表面の炭素濃度が0.8～1.5重量％で且つ表面のV/C濃度比が1～2.5の関係を満たすことにより、当該製品表面にVC炭化物を析出させる方法が開示されている。しかし、耐摩耗性に及ぼす窒素濃度に関しては考慮がなされていない。

【0006】また、特開平8-311603号公報には、転動部材の完成品表面の窒素濃度が0.3重量％以上であれば耐摩耗性が著しく向上することが開示されているが、窒素の拡散係数が小さいため、熱処理後の研削取り代が大きい大型の製品においては、非常に長時間の熱処理時間を要すること、および研削にも従来より時間が掛かるという問題点が未解決のまま残されている。

【0007】こうした使用条件の過酷化に伴う摩耗の問題は、ボールねじ装置の転動部材であるボールねじ軸、ボールナット及びボール等についても同様である。すなわち、近年、ボールねじ装置は射出成形機やプレス機等の油圧シリンダの代わりに重荷重条件下で使用されることが多くなってきており、その場合、最大荷重が加わった状態で一旦停止し反転するという用いられ方が多い。ところが、停止する前後では、ねじ溝とボールとの接触面に潤滑剤が引き込まれにくく、油膜の形成が困難であるために金属接触が生じて、その結果摩耗が発生し易くなってきている。

【0008】そこで本発明は、転がり軸受やボールねじ装置を構成する転動部材についての、上記従来技術の未解決の問題点を解決するべく、V；0.6重量％以上を添加して920℃以上で浸炭窒化を行えば製品表面に0.1μm以下の微細な炭化物、炭窒化物が析出することに着目してなされたものであり、その目的とするところは、当該微細炭化物、炭窒化物の単位面積当たりの析出量を確保することにより、耐摩耗性に優れた転動部材を提供することにある。

## 【0009】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、請求項1に係る本発明は、転がり軸受またはボールねじ装置の転動部材の少なくとも一つを、重量％で、C；0.1～0.7％、Si；0.1～1.5％、Mn；0.1～1.5％、Cr；0.5～3.0％、V；0.6～2.0％、Mo；3.0％以下、Ni；2.0％以下を含有し、残部Feおよび不可避不純物からなる合金鋼で形成する。そして前記合金鋼からなる転動部材に920℃以上の温度で浸炭窒化を施すことにより、部材完成品表面の炭素濃度を0.7～1.3重量％、窒素濃度を0.15～0.3重量％とし、且つ粒径0.1μ

m以下の炭化物、窒化物および炭窒化物を少なくとも400個/100 $\mu\text{m}^2$ 析出しせしめたことを特徴とする。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。本願発明者らは、転がり軸受及びボールねじ装置を構成する転動部材の耐摩耗性とその製品表面の窒素濃度及び材料成分との関係について研究を繰り返した結果、Vを0.6%以上添加した鋼材料に対し920℃以上の高温で浸炭窒化処理を行えば、窒素の拡散係数が高くなると同時に、粒径0.1 $\mu\text{m}$ 以下の非常に微細な炭化物、窒化物および炭窒化物が析出することを見いだした。

【0011】この現象は、Vの炭化物、窒化物および炭窒化物は共にNaCl型の構造をとり、V以外の合金元素（例えばCr、Fe）が含まれないVの炭化物、窒化物および炭窒化物が形成されるように高温で浸炭窒化処理をおこなうことにより、窒素の拡散係数が炭素の拡散係数に近づき、また、Vの炭化物、窒化物および炭窒化物の成長速度が非常に遅いためであると考えられる。

【0012】本願発明者らは、更に、この微細な炭化物、窒化物および炭窒化物を多量に析出させることにより、窒素濃度を必要以上に高くすることなく優れた耐摩耗性を得ることができ、特に、粒径0.1 $\mu\text{m}$ 以下の炭化物、窒化物および炭窒化物が転動部材の耐摩耗性の向上に極めて有効であることを見出して、本発明をなすに至ったものである。

【0013】具体的には、転がり軸受であればその転動部材である内輪、外輪および転動体の少なくとも一つを、またボールねじ装置であればその転動部材であるボールねじ軸、ボールナットおよびボールの少なくとも一つを、重量%で、C；0.1~0.7%、Si；0.1~1.5%、Mn；0.1~1.5%、Cr；0.5~3.0%、V；0.6~2.0%、Mo；3.0%以下、Ni；2.0%以下を含有し、残部Feおよび不可避不純物からなる合金鋼で形成し、これに920℃以上の温度で浸炭窒化を施して当該部材の完成品表面の炭素濃度を0.7~1.3重量%、窒素濃度が0.15~0.3重量%とすることにより、その表面に粒径0.1 $\mu\text{m}$ 以下の炭化物、窒化物および炭窒化物を少なくとも400個/100 $\mu\text{m}^2$ 析出させる。

【0014】かくして、Vが窒素の拡散を促進する結果、必要以上に窒素濃度を高くしなくても優れた耐摩耗性が得られるため、例えば熱処理後の研削取り代が大きい大型の製品においても熱処理時間を短く抑えることができ、耐摩耗性に優れた転動部材を安価に供給することが可能となる。以下に、本発明の耐摩耗性に優れた転動部材を形成する合金鋼の化学成分の臨界的意義を説明する。

【0015】[C含有量；0.1~0.7重量%] C

は、基地をマルテンサイト化することにより、焼入れ・焼戻し後の硬さを向上させるために必要な元素である。その含有量を0.1重量%以上としたのは、転動部材として必要な強度を確保するためである。上限を0.7重量%としたのは、この範囲を超えると素材の段階で既に炭化物が析出し、熱処理以前の製品形成のための塑性加工、旋削加工等における加工性が悪くなるためである。

【0016】[Si；0.1~1.5重量%] Siは、製鋼時の脱酸剤として必要な元素であり、また、焼戻し軟化抵抗を高め、転動疲労寿命を向上させるのに有効な元素であるため0.1重量%以上含有させるが、浸炭窒化時に炭素や窒素が表面から侵入するのを阻害し、熱処理生産性を低下させるため上限を1.5重量%とした。

【0017】[Mn；0.1~1.5重量%] Mnは、製鋼時の脱酸剤および脱硫剤として必要な元素であり、また、焼入性を向上させるのに有効な元素であるため0.1重量%以上含有させるが、多量に添加すると被削性を低下させるため上限を1.5重量%とした。

[V；0.6~2.0重量%] Vは、焼戻し軟化抵抗を増大し、耐摩耗性の向上に有効な非常に微細で高硬度な炭化物、窒化物および炭窒化物を形成する。高温で浸炭窒化する場合に、深くまで高い窒素濃度を得るためには、0.6重量%以上添加することが好ましいため、下限値を0.6重量%とした。一方、多量に添加してもその添加効果は飽和すること、また、加工性が低下することおよび高価であるためコスト的にも不利になることから、上限を2.0重量%とした。

【0018】[Cr；0.5~3.0重量%] Crは、焼入性を向上させ、基地を固溶強化する他、浸炭窒化により転動部材表面層に炭化物、窒化物および炭窒化物を析出させ、転動疲労寿命および耐摩耗性を向上させるのに役立つ。Crの含有量の好ましい下限値として0.5重量%としたのは、これ以下ではその添加効果が少ないためである。一方、多量に添加すると表面にCr酸化物が形成され、浸炭窒化時に炭素や窒素が表面から侵入するのを阻害し、熱処理生産性を低下させるため上限を3.0重量%とした。

[Mo；3.0重量%以下] Moは、焼戻し軟化抵抗を増大し、また、Crと同様に浸炭窒化により転動部材表面層に炭化物、窒化物および炭窒化物を析出させ、転動疲労寿命および耐摩耗性を向上させるのに有効な元素である。上限を3.0重量%としたのは、あまり多量に添加すると塑性加工性が悪くなることおよび高価になるためである。

【0019】[Ni；2.0重量%以下] Niは、マトリクスに固溶して靱性を向上させるのに有効な元素である。しかしながら、あまり多量に添加すると表面層の残留オーステナイト量が増加しすぎて硬さが低下するため上限を2.0%とした。尚、これら合金元素の他に、不可避の不純物として、P $\leq$ 0.02%、S $\leq$ 0.05

%,  $Cu \leq 0.10\%$ ,  $O \leq 15 \text{ ppm}$ 等を含むことができるが、転動疲労寿命特性に有害な非金属介在物を極力少なくするためには、 $O \leq 10 \text{ ppm}$ に規制することが好ましい。

【0020】続いて、本発明の耐摩耗性に優れた転動部材における完成品表面の炭素濃度、窒素濃度、並びに微細炭化物、窒化物、炭窒化物の臨界的意義について説明する。

〔表面炭素濃度；0.7～1.3重量%〕転動部材として必要な表面硬さを得るためには、通常0.8重量%以上必要とされているが、本発明においては、浸炭窒化により窒素を含有させるため、下限を0.7重量%とした。しかしながら、窒素と合わせてその含有量が過剰になると、表面の残留オーステナイト量が過剰に生成して硬さが低下したり、初折セメントが析出したりして転動疲労寿命を低下させる恐れがあるため、上限を1.3重量%とした。

【0021】〔表面窒素濃度；0.15～0.3重量%〕窒素は、耐摩耗性を向上させるのに非常に有効な元素であり、浸炭窒化处理により表面層に添加されるが、\*20

10

\*含有量が0.15重量%未満では十分な効果が得られない。しかしながら、高くしすぎると研削性が悪くなり、また、大型製品の製造においては深くまで高い窒素濃度を得る必要があり、その場合熱処理に非常に長時間を要するためコストが高くなることから、上限を0.3重量%とした。

【0022】〔粒径0.1 $\mu\text{m}$ 以下の炭化物、窒化物および炭窒化物が400個/100 $\mu\text{m}^2$ 以上〕微細な炭化物、窒化物および炭窒化物は、耐摩耗性を向上させる効果が高いが、特に粒径0.1 $\mu\text{m}$ 以下のものの効果が高く、400個/100 $\mu\text{m}^2$ 以上の密度で析出させることによりその効果が顕著となる。

〔実施例〕以下、本願発明の実施例と比較例との比較試験について説明する。

【0023】まず、転がり軸受の転動部材について行った試験について述べる。表1に、試験に用いた各種の合金鋼材料の主な化学成分を示す。

【0024】

〔表1〕

鋼種	C	Si	Mn	Cr	V	Mo	Ni
A	0.10	0.40	0.75	1.45	0.98	-	-
B	0.25	0.10	0.80	1.50	0.96	-	-
C	0.42	0.38	0.82	1.51	1.00	-	-
D	0.41	0.35	0.81	1.51	1.05	0.05	-
E	0.39	0.37	0.10	1.48	0.95	-	-
F	0.35	0.36	0.78	0.50	0.99	-	-
G	0.45	0.37	0.80	1.55	0.60	-	-
H	0.40	0.35	0.82	1.49	1.49	-	-
I	0.40	0.35	0.80	1.50	2.00	-	-
J	0.70	0.25	0.30	1.51	1.00	-	-
K	0.39	0.88	0.80	1.50	1.01	-	-
L	0.38	1.50	0.82	1.51	1.02	-	-
M	0.41	0.36	1.50	1.50	1.01	-	-
N	0.40	0.37	0.81	3.00	1.00	-	-
O	0.25	0.37	0.81	1.51	1.01	0.98	-
P	0.18	0.25	0.42	1.50	1.01	3.00	-
Q	0.25	0.28	0.40	1.52	1.02	-	1.50
R	0.25	0.28	0.39	1.50	1.00	-	3.00
S	0.42	0.36	0.81	1.51	0.30	-	-
T	0.20	0.32	0.75	1.08	-	-	-

【0025】これらの合金成分および熱処理が耐摩耗性に及ぼす影響を調査するために、図1に示すような二円筒式の摩耗試験を実施した。試験は、上下に対向させた一對の軸10にそれぞれ供試片Sを装着して、上から荷重Pを負荷しながら互いに接触状態で逆方向に低速で回転させ、両供試片Sの摩耗率(g/m)の平均値を求めるものである。特に、潤滑不良状態での摩耗特性を試験すべく、回転中は油膜が切れ易い低粘度の潤滑油を注ぐようにした。

【0026】その摩耗試験条件は次の通りとした。

荷重；200kgf (2.0kN)

回転数；10rpm

滑り率；20%

潤滑油；スピンドル油

油温；80℃

なお、試験片には、耐摩耗性に及ぼす熱処理の影響を調査するため、以下に述べるような熱処理を施した。

【0027】〔熱処理A〕温度920～950℃で、6～8時間、吸熱形ガス雰囲気中にエンリッチガスおよびアンモニアガスを加えて浸炭窒化を行った後、常温まで

空冷または徐冷し、温度820～880℃で二次焼入れを施し、温度160～180℃で2～3時間の焼戻しを行う。

【0028】〔熱処理B〕温度870～900℃で、6～8時間、吸熱形ガス雰囲気中にエンリッチガスおよびアンモニアガスを加えて浸炭窒化を行った後、常温まで空冷または徐冷し、温度820～880℃で二次焼入れを施し、温度160～180℃で2～3時間の焼戻しを行う。

【0029】〔熱処理C〕温度920～950℃で、6～8時間、通常の浸炭処理を行った後、常温まで放冷し、温度820～880℃で二次焼入れを施し、温度160～180℃で2～3時間の焼戻しを行う。ここで、熱処理条件とV濃度との関係について説明する。

【0030】図2に、熱処理Aおよび熱処理Bを施した時に、窒素濃度が0.25重量%となる深さ（表面からの距離：mm）とV濃度（重量%）との関係を示す。こ\*

No.	例	熱処理	表面窒素濃度 (%)	表面窒素濃度 (%)	N (個/100μm <sup>2</sup> )	摩擦率 (×10 <sup>-6</sup> g/m)	備考
1	A	A	0.83	0.23	542	1.15	実施例
2	B	A	0.93	0.25	534	1.08	実施例
3	C	A	0.91	0.23	592	1.02	実施例
4	D	A	0.85	0.22	624	0.96	実施例
5	E	A	0.95	0.21	528	1.08	実施例
6	F	A	0.78	0.23	466	1.19	実施例
7	G	A	0.80	0.15	408	1.34	実施例
8	H	A	1.21	0.29	734	0.87	実施例
9	I	A	1.27	0.26	650	0.92	実施例
10	J	A	0.92	0.20	482	1.18	実施例
11	K	A	0.95	0.20	444	1.22	実施例
12	L	A	0.83	0.19	522	1.09	実施例
13	M	A	0.88	0.22	476	1.23	実施例
14	N	A	0.71	0.19	428	1.31	実施例
15	O	A	0.93	0.24	528	1.11	実施例
16	P	A	0.89	0.23	474	1.14	実施例
17	Q	A	0.87	0.21	510	1.18	実施例
18	R	A	0.82	0.23	548	1.09	実施例
19	S	A	0.97	0.11	182	6.13	比較例
20	T	A	1.02	0.01	156	7.02	比較例
21	C	B	0.87	0.24	266	4.58	比較例
22	C	C	0.91	—	242	4.27	比較例
23	T	C	0.87	—	64	9.38	従来例

【0034】なお、表2には、試験片表面層の炭素濃度、窒素濃度と粒径0.1μm以下の炭化物、窒化物および炭窒化物の個数Nとを合せて示している。NO. 1～18は、本発明の実施例であり、優れた耐摩耗性が得られている。比較例NO. 19およびNO. 20は、V添加量が少ない場合の比較例であり、Vの添加不足により必要な窒素濃度が得られていないため、十分な耐摩耗性が得られていない。

【0035】比較例NO. 21は、低い温度で浸炭窒化処理を施したため、粒径0.1μm以下の炭化物、窒化物および炭窒化物の個数が少ないため、十分な耐摩耗性が得られていない。比較例NO. 22は、浸炭処理の場合の比較例であり、窒素が無いため、十分な耐摩耗性が得られていない。

【0036】比較例NO. 23は、V添加無し、浸炭処理の従来例で、摩耗程度が最も大きい。最後に、試験片

\*の図から、熱処理Aのように高温で浸炭窒化を行った場合は、Vの添加量が不足すると表面の窒素ポテンシャルが低くなるため、深くまでの高い窒素濃度は得られないが、V濃度が高くなると深くまで高い窒素濃度が得られることが分かる。この効果は、Vの添加量が0.6重量%以上で顕著となっている。

【0031】しかしながら、熱処理Bのように、900℃以下の低い処理温度では、Vの添加効果は小さく、深くまで高い窒素濃度を得ようとすると、非常に長い熱処理時間が必要となる。続いて、摩耗試験の結果について説明する。なお、摩耗試験に用いた試験片は、熱処理後に試験面を研削仕上げして試験に用いた。

【0032】表2に、鋼種、熱処理の組合せ別の摩耗試験の結果を示す。

【0033】

【表2】

表面（完成品表面）の炭化物、窒化物および炭窒化物の粒径分布が摩耗率低減に及ぼす影響について説明する。図3は実施例NO. 3について、また図4は比較例NO. 21について、それぞれの試験片表面の炭化物粒径の分布を計測した結果を示したものである。

【0037】両者を比べると、0.1μmを超える粒径の分布はさほど変わらず、0.1μm以下の粒径分布に著しい差があることが明らかである。表2から両者の摩耗率をみると、実施例NO. 3は $1.02 \times 10^{-6}$ g/mであるのに対して、比較例NO. 21では $4.58 \times 10^{-6}$ g/mと4倍以上になっている。このことから、摩耗率低減に、粒径1μm以下の粒子の多寡が大きく関与していることがわかる。表2に示されている面積100μm<sup>2</sup>内に存在している粒径1μm以下の粒子の個数Nの計数結果をみると、実施例NO. 1～NO. 18は全て400個を超えており、よって本発明では前記個数

Nを400個/100 $\mu\text{m}^2$ 以上とした。

【0038】なお、表2の粒径1 $\mu\text{m}$ 以下の粒子の個数Nの計数結果をみると、実施例No. 8が最多で734個/100 $\mu\text{m}^2$ であるが、本発明はこれに限定されるものではない。もっとも、あまりに多くなると、粒子同士が結合して成長し、粒径が大きくなる結果、耐摩耗性が損なわれるおそれがある。したがって、本発明の粒径1 $\mu\text{m}$ 以下の粒子の個数Nについては、粒子同士の結合による成長がない程度まであげることが可能である。

【0039】次に、自動調心ころ軸受を作製して行った試験について述べる。自動調心ころ軸受は、軌道輪と転動体との接触楕円が比較的大きいことから、差動滑りやスピン滑りも大きく、特に連続製造設備に使用した場合に固定輪として用いられる外輪の摩耗が問題になっている。そこで、型番22210CD（外径90mm、内径50mm、幅23mm）の自動調心ころ軸受を以下のように作製して耐久試験を行った。すなわち、試験体の転動部材のうちの外輪の素材として前出の表1に示される鋼種A～Tを用い、内輪および転動体には、JIS鋼種SUJ2を使用した。その外輪の熱処理条件は、前出の表2に示される熱処理と同じである。また、外輪の表面\*

\*炭素濃度、表面窒素濃度および粒径0.1 $\mu\text{m}$ 以下の炭化物、窒化物および炭窒化物の個数Nの値も全て表2に示される値と同じである。

【0040】こうして作製した自動調心ころ軸受を供試片として、次の条件で試験を行った。

荷重 ; 25N

回転数 ; 10rpm

試験温度 ; 80℃

潤滑剤 ; 鉱油系グリース

10 試験時間 ; 300hr

なお、油膜が切れ易いように、イオン交換水を0.1cc/hrの割合で供給しながら試験を行った。

【0041】試験後に、最大負荷位置における外輪軌道面の母線形状を測定して最大摩耗深さを読み取った。その最大摩耗深さの値を、鋼種、熱処理、表面炭素濃度および窒素濃度、粒径0.1 $\mu\text{m}$ 以下の炭化物、窒化物および炭窒化物の個数N、摩耗率等の各値と共に表3に示す。

【0042】

【表3】

No.	鋼種	熱処理	表面炭素濃度 (%)	表面窒素濃度 (%)	N (個/100 $\mu\text{m}^2$ )	摩耗率 ( $\times 10^{-3}\text{mm/m}$ )	最大摩耗深さ ( $\mu\text{m}$ )	備考
1	A	A	0.83	0.23	542	1.15	5	実施例
2	B	A	0.93	0.25	534	1.08	4	実施例
3	C	A	0.91	0.23	592	1.02	4	実施例
4	D	A	0.86	0.22	624	0.96	4	実施例
5	E	A	0.96	0.21	526	1.08	4	実施例
6	F	A	0.78	0.23	466	1.19	5	実施例
7	G	A	0.80	0.15	408	1.34	5	実施例
8	H	A	1.21	0.29	734	0.87	3	実施例
9	I	A	1.27	0.26	650	0.92	3	実施例
10	J	A	0.92	0.20	482	1.18	4	実施例
11	K	A	0.95	0.20	444	1.22	4	実施例
12	L	A	0.83	0.19	522	1.09	4	実施例
13	M	A	0.88	0.22	476	1.23	4	実施例
14	N	A	0.71	0.19	428	1.31	4	実施例
15	O	A	0.93	0.24	628	1.11	4	実施例
16	P	A	0.89	0.23	474	1.14	3	実施例
17	Q	A	0.87	0.21	510	1.18	4	実施例
18	R	A	0.82	0.23	548	1.09	4	実施例
19	S	A	0.97	0.11	182	6.13	24	比較例
20	T	A	1.02	0.01	156	7.02	27	比較例
21	C	B	0.87	0.24	266	4.58	19	比較例
22	C	C	0.91	-	242	4.27	20	比較例
23	T	C	0.87	-	64	9.38	35	従来例

【0043】表3から明らかなように、自動調心ころ軸受の場合も、本願発明の実施例であるNO. 1～18は、NO. 19以下の比較例や従来例と比べて優れた耐摩耗性を有するといえる。続いて、ボールねじ装置を作製して行った耐久試験について述べる。軸径80mm、リード20mmのボールねじ装置を作製して供試体とした。用いた材料としては、ボールねじ軸およびボールナットには表1に示す鋼種DまたはJIS鋼種SCM42

40 OHのいずれか、ボールには鋼種DまたはJIS鋼種SUJ2のいずれかを使用した。

【0044】これらの鋼種を種々組み合わせて転動部材であるボールねじ軸、ボールナット、ボールを作製し、ボールねじ装置を組み立てて表4に記号I～ニで示す供試体とした。

【0045】

【表4】

記号	軸	ナット	ボール	軸摩耗量	備考
イ	D	D	D	2 $\mu$ m	発明例
ロ	D	SCM420H	D	2 $\mu$ m	発明例
ハ	D	SCM420H	SUJ2	4 $\mu$ m	発明例
ニ	SCM420H	SCM420H	SUJ2	12 $\mu$ m	従来例

【0046】熱処理条件は素材の鋼種毎に次の通り設定した。鋼種Dからなる転動部材は、温度920～960℃で、1～24時間、吸熱形ガス雰囲気中にエンリッチガスおよびアンモニアガスを加えて浸炭窒化を行った後、常温まで空冷または徐冷し、温度820～880℃で二次焼入れを施し、温度160～220℃で2～3時間の焼戻しを行う。

【0047】JIS鋼種SCM420Hからなる転動部材は、温度920～960℃で、6～24時間、通常の浸炭処理を行った後、常温まで放冷し、温度820～880℃で二次焼入れを施し、温度160～220℃で2～3時間の焼戻しを行う。JIS鋼種SUJ2からなる転動部材のボールは、温度820～860℃で焼入を施し、温度180～220℃で焼戻しを行う。

【0048】なお、供試体のボールねじ軸、ボールナット、ボールには、上記熱処理後に研削仕上げ加工を施し、更にボールにはラップ仕上げを施して試験に用いた。こうして作製したボールねじ装置を供試体として、次の試験条件で耐久試験を行った。

荷重 ; 最大280N

回転数 ; 最大150rpm (往復動)

潤滑剤 ; 鉱油系グリース

耐久試験のショット数 (往復動の回数) は100万ショットとし、試験前後の供試体のボールねじ軸における軌道溝の形状を測定して最大摩耗深さを求め、評価した。

その評価結果を前記表4に示す。表4から明らかなように、本願発明によれば、重荷重条件で用いられるボールねじ軸の摩耗を従来の1/3～1/6に低減することが可能となる。

【0049】

【発明の効果】以上、説明したように、請求項1に係る発明によれば、V; 0, 6重量%以上を添加した合金鋼に920℃以上で浸炭窒化を施して、完成品の転がり軸受の内輪、外輪および転動体のうち少なくとも一つの表面に、粒径0.1 $\mu$ m以下の炭化物、窒化物および炭窒化物を少なくとも400個/100 $\mu$ m<sup>2</sup>析出させたものとして、耐摩耗性に極めて優れた転動部材を提供できるという効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

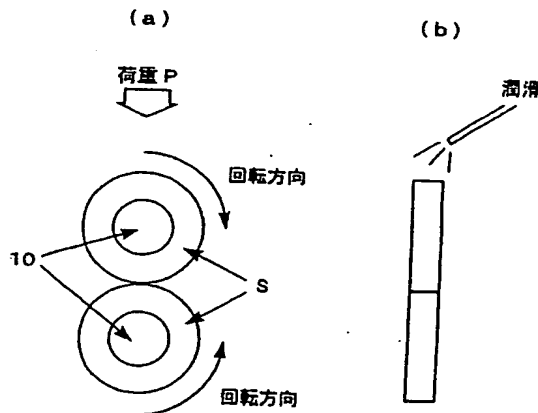
【図1】二円筒式の摩耗試験装置の概念図で、(a)はその正面図、(b)は側面図である。

【図2】熱処理別の、窒素濃度が0.25重量%となる深さ (表面からの距離: mm) とV濃度 (重量%) との関係を示すグラフである。

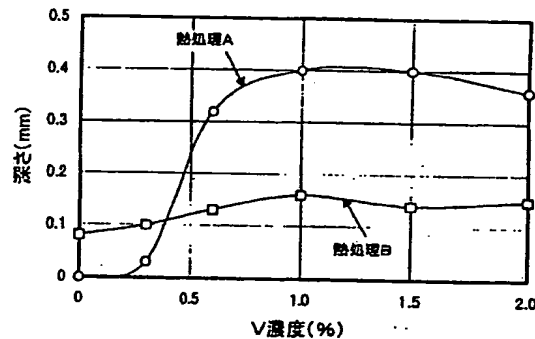
【図3】実施例の転がり軸受の完成部品表面の炭化物、窒化物および炭窒化物の粒径分布を示したグラフである。

【図4】比較例の転がり軸受の完成部品表面の炭化物、窒化物および炭窒化物の粒径分布を示したグラフである。

【図1】

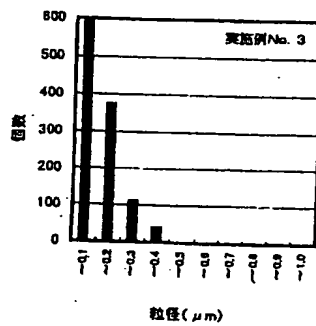


【図2】

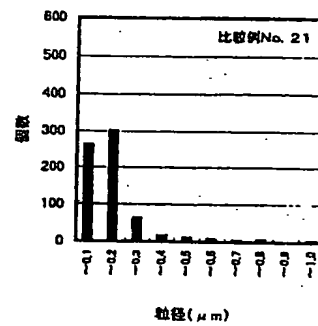




【図3】



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーム (参考)

F 1 6 C 33/62

F 1 6 C 33/62

F 1 6 H 25/22

F 1 6 H 25/22

L

(72) 発明者 宮口 和男

神奈川県藤沢市鶴沼神明一丁目5番50号  
日本精工株式会社内

Fターム (参考) 3J101 AA02 AA62 AA65 BA10 BA70  
DA02 EA02 GA01 GA34 GA51  
3J104 AA23 AA57 BA01 BA05 BA21  
CA02 DA12 EA04  
4K028 AA03 AB01 AB06